

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-310929

(P2002-310929A)

(43) 公開日 平成14年10月23日 (2002. 10. 23)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I            | テ-マ-ト* (参考) |
|---------------------------|------|----------------|-------------|
| G 0 1 N 21/956            |      | G 0 1 N 21/956 | A 2 F 0 6 5 |
| G 0 1 B 11/00             |      | G 0 1 B 11/00  | A 2 G 0 5 1 |
| 11/30                     |      | 11/30          | A 4 M 1 0 6 |
| H 0 1 L 21/66             |      | H 0 1 L 21/66  | J           |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-115288(P2001-115288)

(22) 出願日 平成13年4月13日 (2001. 4. 13)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 藤井 達也

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 小野山 歩

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外2名)

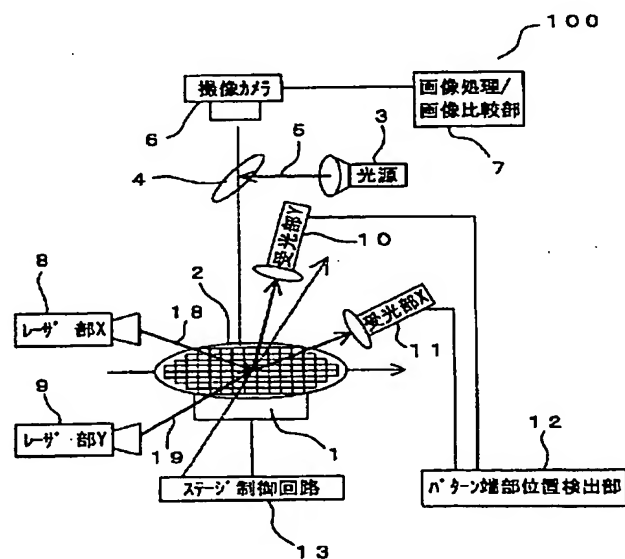
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置

## (57) 【要約】

【課題】 被検査パターンと基準パターンとの間で、1画素未満の大きさの位置ずれを補正し、擬似欠陥の発生を防止した欠陥検査装置を提供する。

【解決手段】 被検査パターンと基準パターンとを比較して被検査パターンの欠陥の有無を検査する欠陥検査装置において、基板上にレーザ光を走査させてその反射光を検知することにより被検査パターンのパターンエッジを検出するエッジ検出手段を含み、被検査パターンのパターンエッジがCCDの画素の一辺に略一致するように基板と撮像手段の相対的な位置を調整した後被検査パターンを撮影する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検査パターンと基準パターンとを比較して、該被検査パターンの欠陥の有無を検査する欠陥検査装置であって、

被検査パターンが形成された基板を載置するステージと、

該基板上にレーザ光を走査させてその反射光を検知することにより、該被検査パターンのパターンエッジを検出するエッジ検出手段と、

該ステージの上方に配置され該被検査パターンを CCD で撮影する撮像手段と、

該撮像手段で得られた該被検査パターンのデータと、基準パターンのデータとを比較して、該被検査パターンの欠陥の有無を検出する検出手段と、

該基板と該撮像手段との相対的な位置を調整する調整手段とを含み、

該被検査パターンの該パターンエッジが該 CCD の画素の一辺に略一致するように、該調整手段で該基板と該撮像手段の相対的な位置を調整した後に、該撮像手段で該被検査パターンを撮影することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】 上記エッジ検出手段が、上記レーザ光の光源と、該レーザ光の反射光を受光する検知器とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 3】 上記エッジ検出手段が、異なる 2 方向から独立した 2 つのレーザ光を上記基板上に照射して、上記パターンエッジを検出する手段であることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 4】 上記 2 つのレーザ光の水平成分が、略直交することを特徴とする請求項 3 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 5】 上記エッジ検出手段が、上記反射光の散乱強度が最大となる上記レーザ光の照射位置を、上記被検査パターンのパターンエッジとして検出する手段であることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 6】 上記エッジ検出手段が、直接偏光子及び位相子から選択される一の偏光子を含み、上記レーザ光を偏光させて上記基板上に照射することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 7】 上記調整手段が、上記ステージと上記撮像手段の少なくとも一方を動かして、該ステージと該撮像手段の相対的な位置を調整する手段であることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 8】 上記基準パターンのデータが、複数の上記被検査パターンから選択された、欠陥の無い該被検査パターンのデータであることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 9】 上記基準パターンのデータが、上記被検査パターンの CAD データであることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

2

【請求項 10】 上記被検査パターンのパターン幅が、上記画素の幅より小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、欠陥検査装置に関し、特に、微細なパターンの欠陥を検出する欠陥検査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体基板上の配線パターン等の欠陥を検査する欠陥検査装置では、欠陥の存在しない基準パターンと、被検査パターンとを比較することにより、パターン形状が一致しない箇所を欠陥として検出している。図 7 (a) (b) は、特開平 5-281154 号公報に記載された欠陥検査工程の一例である。図 7 (a) に、被検査パターン又は基準パターン 50 の上面図を示す。中央の 4×4 の矩形領域が検査領域 51 であり、その 4 辺に沿った領域が位置合わせ領域 52 である。

【0003】 かかる検査工程では、まず、検査領域 51 に対して、図 7 (b) に示すような、連続した CCD の 4 つの画素からなるエッジ検出フィルタ 53 を適用する。例えば、検出すべきエッジが上下方向に延びている場合を考える。検査領域 51 の上方の位置合わせ領域 52 に対してエッジ検出フィルタ 53 を重ねる。続いて、エッジ検出フィルタ 53 の 4 つの画素の階調度を検出する。かかるエッジ検出フィルタ 53 では、図 7 (b) に示すように、(1) フィルタ出力が負の場合には、エッジは  $f_{i,j}$  と  $f_{i+1,j}$  の間にあり、(2) フィルタ出力が 0 の場合には、エッジは  $f_{i+1,j}$  と  $f_{i+2,j}$  との間にあり、(3) フィルタ出力が正の場合には、エッジは  $f_{i+2,j}$  と  $f_{i+3,j}$  との間にありと検出される。このように、被検査パターン及び基準パターンの双方に対して、検査領域 51 の外部の 4 辺でエッジ検出を行う。次に、被検査パターンと基準パターンの、4 辺でのエッジ位置の差をそれぞれ求める。そして、かかる差の絶対値和が最小となるように、被検査パターンと基準パターンとの相対位置を補正する。最後に、被検査パターンと基準パターンとを比較して、違いがある場合には被検査パターンに欠陥があるものと認識する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 かかる欠陥検査工程では、エッジ検出フィルタ 53 の 1 画素 (CCD の 1 画素) 単位で、被検査パターンと基準パターンとの相対位置が補正されるため、1 画素未満の位置のずれを補正することができない。例えば、エッジ検出フィルタ 53 が有する 1 の画素に対して、配線層が 60% を占有している場合には、その画素すべてを配線層が占有していると判断されるため、かかる位置ずれは検出されないこととなる。

【0005】しかし、近年、半導体デバイスの微細化に伴い、配線層等のパターン幅がCCDの1画素の幅程度またはこれより小さくなり、欠陥検査装置で検出しなければならない欠陥の大きさも1画素未満の大きさとなっている。このため、被検査パターンと基準パターンとの間に1画素未満の位置ずれがある場合に、欠陥ではないにもかかわらず被検査パターンの欠陥として認識される疑似欠陥が発生し問題となっていた。

【0006】そこで、本発明は、被検査パターンと基準パターンとの間で、1画素未満の大きさの位置ずれを補正し、疑似欠陥の発生を防止した欠陥検査装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するために手段】本発明は、被検査パターンと基準パターンとを比較して、該被検査パターンの欠陥の有無を検査する欠陥検査装置であって、被検査パターンが形成された基板を載置するステージと、該基板上にレーザ光を走査させてその反射光を検知することにより、該被検査パターンのパターンエッジを検出するエッジ検出手段と、該ステージの上方に配置され該被検査パターンをCCD（Charge Coupled Device：電荷結合素子）で撮影する撮像手段と、該撮像手段で得られた該被検査パターンのデータと、基準パターンのデータとを比較して、該被検査パターンの欠陥の有無を検出する検出手段と、該基板と該撮像手段との相対的な位置を調整する調整手段とを含み、該被検査パターンの該パターンエッジが該CCDの画素の一辺に略一致するように、該調整手段で該基板と該撮像手段の相対的な位置を調整した後、該撮像手段で該被検査パターンを撮影することを特徴とする欠陥検査装置である。かかる欠陥検査装置では、レーザ光を用いてパターンエッジを検出して、パターンエッジと画素端部の位置合わせを行うため、パターンエッジと画素端部との位置ずれに起因する疑似欠陥の発生を防止でき、精度良く被検査パターンの検査を行うことができる。特に、撮像カメラの1画素の幅より狭い幅を有する被検査パターンであっても、高精度の欠陥検査が可能となる。このため、微細化、集積化された半導体装置の欠陥検査を容易にかつ高精度で行うことができる。

【0008】上記エッジ検出手段は、上記レーザ光の光源と、該レーザ光の反射光を受光する検知器とを含むことが好ましい。かかるレーザ光を用いることにより、被検査パターンのパターンエッジを正確に検出することができる。

【0009】上記エッジ検出手段は、異なる2方向から独立した2つのレーザ光を上記基板上に照射して、上記パターンエッジを検出する手段であることが好ましい。

【0010】上記2つのレーザ光の水平成分は、略直交することが好ましい。

【0011】上記エッジ検出手段は、上記反射光の散乱

強度が最大となる上記レーザ光の照射位置を、上記被検査パターンのパターンエッジとして検出する手段であることが好ましい。なお、被検査パターンを形成した基板へのレーザ光の入射角は $45^{\circ}$ 程度が好ましい。

【0012】上記エッジ検出手段が、直接偏光子及び位相子から選択される一の偏光子を含み、上記レーザ光を偏光させて上記基板上に照射するものであっても良い。このように、レーザ光を偏光させてパターンエッジの検出に用いることにより、パターンエッジにおける散乱光強度の変化の検出が容易となり、パターンエッジを正確に検出することができる。

【0013】上記調整手段は、上記ステージと上記撮像手段の少なくとも一方を動かして、該ステージと該撮像手段の相対的な位置を調整する手段であることが好ましい。即ち、欠陥検査装置の形状や構成を考慮して、ステージ及び／又は撮像手段を移動させて、ステージ上に載置された被検査パターンのパターンエッジと、撮像手段の画素の端部との位置合わせを行うことが好ましい。

【0014】上記基準パターンのデータは、複数の上記被検査パターンから選択された、欠陥の無い該被検査パターンのデータであっても良い。かかる被検査パターンの画像データを基準として、他の被検査パターンの欠陥の有無を検査するものである。

【0015】上記基準パターンのデータは、上記被検査パターンのCADデータであっても良い。かかるCADデータを基準として、被検査パターンの欠陥の有無を検査するものである。

【0016】上記被検査パターンのパターン幅は、上記画素の幅より小さいものでも良い。このように、本発明にかかる欠陥検査装置では、撮像手段に含まれるCCDの画素幅よりパターン幅の小さい被検査パターンであっても、レーザ光を用いてパターンエッジを検出して、パターンエッジと画素端部の位置合わせが可能となる。このため、かかるパターン幅の小さい被検査パターンに対しても、高精度な欠陥検査が可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は、全体が100で示される、本発明にかかる欠陥検査装置の概略図である。欠陥検査装置100は、ステージ1を含む。ステージ1には基準となる直交2軸（x軸、y軸）からなる基準軸が設定されている。後述するレーザ光の照射位置や撮像カメラの位置は、かかる基準軸を基準として設定される。また、ステージ1は、x軸方向、y軸方向、xy平面内での回転方向 $\theta$ に移動できる。ステージ1上には、被検査ウエハ2が載置される。

【0018】欠陥検査装置100は、また、ステージ1の上方に光源3とハーフミラー4を含み、光源3から照射された光5はハーフミラー4に反射されて被検査ウエハ2に照射される。更に、ステージ1の上方には、CCDを備えた撮像カメラ6が設けられている。撮像カメラ

5

6は、ハーフミラー4を通して、被検査ウエハ2上のパターンを撮影する。撮影された画像データは、画像処理／画像比較部7に送られる。

【0019】欠陥検査装置100は、更に、レーザ部X8とレーザ部Y9とを含む。レーザ部X8から出射されたレーザ光18は、ステージ1のx軸方向に、斜め上方から被検査ウエハ2の表面に入射する。被検査ウエハ2の表面で反射されたレーザ光18は受光部X11に入射し検知される。同様に、レーザ部Y9から出射されたレーザ光19は、ステージ1のy軸方向に、斜め上方から被検査ウエハ2の表面に入射する。被検査ウエハ2の表面で反射されたレーザ光19は受光部Y10に入射し検知される。被検査ウエハ2の表面に対するレーザ光18、19の入射角は、 $45^\circ$ 程度が好ましい。受光部X11、受光部Y10で検知されたデータは、例えばコンピュータからなるパターン端部位置検出部12に送られる。

【0020】パターン端部位置検出部12では、受光部X11、受光部Y10で検知されたレーザ光18、19の散乱強度から、散乱強度が最大となる位置を被検査ウエハ2上のパターンのパターンエッジとして検出する。かかるパターンエッジの位置情報は、基準軸のx y座標として記憶される。

【0021】図2(a)(b)は、パターンエッジの検出工程の一部を示したものである。図2(a)は、被検査ウエハ2の一部であり、基板20上に、例えば金属のパターン21が形成されている。また、図2(b)は、図2(a)のAA方向の断面図である。

【0022】図2(b)に示すように、パターンエッジ22検出用のレーザ光23が、約 $45^\circ$ の入射角で基板20の表面に入射し、表面で反射したレーザ光が検知器(図示せず)で検知される。基板20を載置したステージ(図示せず)が移動することにより、レーザ光23が基板20上で走査される。図2(b)では、図の左から右方向に走査される。走査されたレーザ光23は、パターン21の側壁にあたった場合に散乱され、検知器(図示せず)で受光される反射光の強度が低下する。従って、レーザ光23の散乱強度が最も大きくなる位置を検出することにより、パターンエッジ22を検出することができる。検知器で検出された反射光の強度分布は、パターン端部位置検出部(図示せず)に送られ、基準軸上の位置情報(座標データ)として記憶される。

【0023】更に、基準軸のx軸に沿ってステージを往復させながら、y軸方向に一定の間隔で移動させることにより、被検査ウエハ2の表面全体に対してレーザ光23を走査させることができる。

【0024】図3は、このようにして検出されたパターンエッジ41を有するパターン40の一例を示すものである。図3からわかるように、パターン40のパターンエッジ41が基準軸のx軸、y軸から角度 $\theta$ だけ傾いて

6

いる。かかる場合は、図1のパターン端部位置検出部12から、ステージ制御回路13に信号が出され、ステージ1を角度 $\theta$ だけ回転させて、パターンエッジ41がx軸、y軸と同一方向となるように補正する。補正を行って、パターンエッジ41をx軸又はy軸に平行にした後に、再度、レーザ光23の走査を行ってパターンエッジ41の位置情報を得る。

【0025】一方、撮像カメラ6のCCDの画素の端部の位置情報(座標)は、予め、ステージ制御回路13に記憶されている。これにより、画素の端部とパターンエッジ41との距離が略0となるように、ステージ1を移動させる。

【0026】図4(A)～(D)に、パターンエッジとCCDの画素の端部とを一致させる場合の具体例を示す。図中、30は基板であり、その上にCCDの画素31が重ねて表示されている。また、32は基板30上に形成されたパターンであり、33がそのパターンエッジである。図4(A)～(D)では、すでに $\theta$ 方向のずれは補正されているものとする。

【0027】(A)ではパターン32の左側のパターンエッジ33が画素の端部と重ねられている。また、

(B)では、パターン32の上側のパターンエッジ33が画素の端部と重ねられている。更に、(C)ではパターン32の左側、上側双方のパターンエッジ33が画素の端部と重ねられている。(A)～(C)が、パターン32の幅が1画素の幅より小さなパターンの場合であるのに対し、(D)はパターン幅が、1画素の幅より大きなパターンの場合であり、(D)の場合も同じくパターン32の左側、上側双方のパターンエッジ33が画素の端部と重ねられている。

【0028】このような、パターンエッジと画素の端部との位置合わせが行なわれた後に、撮像カメラ6により被検査パターンの撮影が行なわれ、画像データが得られる。得られた画像データは、コンピュータ等からなる画像処理／画像比較部7に記憶される。画像処理／画像比較部7には、予め欠陥の無い基準パターンの画像データが入力されている。かかる基準パターンの画像データは、被検査パターンのCADデータでも良く、予め欠陥の無い被検査パターンを撮影して得られたデータでも良い。そして、画像処理／画像比較部7において、被検査パターンと基準パターンとの画像比較検査が行なわれ、両パターン間で異なっている部分が欠陥として検出される。

【0029】かかる画像比較検査には、2種類の検査方法がある。一の検査は、被検査ウエハ2上に形成された複数のダイに対して、それぞれのダイ全体の被検査パターンを基準パターンと比較するダイ間比較検査である。他の検査は、被検査ウエハ2上に形成された複数のダイのうち、それぞれのダイ内に設けられたセルの被検査パターンと基準パターンとを比較するセル間比較検査であ

7

る。即ち、1のダイ内に繰り返し形成されたセルアレイ（例えば、図5のA、B）の被検査パターンを、基準パターンと比較する場合である。

【0030】このように、本発明を用いることにより、ダイ間比較検査を行う場合、被検査パターンのパターンエッジと画素の端部との合わせ方がダイ間で異なることがなくなる。このため、パターンエッジと画素の端部との間の1画素以下の位置ずれに起因する擬似欠陥の発生を防止できる。また、セル間比較検査では、それぞれのセルのパターンと画素の端部との位置関係が全てのセルに対して等しくなり、ウエハ全面において最も高い欠陥検出感度での検査が可能となる。

【0031】欠陥検査装置100では、レーザ光18とレーザ光19の水平成分とが、略直交するようにレーザ部X8、レーザ部Y9が設けられているが、このように略直交とならなくても構わない。即ち、図2(b)に示すように、被検査ウエハ2上のパターンのパターンエッジが検出できれば、レーザ光18とレーザ光19との間の角度は90°でなくてもよい。なお、パターンによっては、レーザ光18又はレーザ光19の一方のみを用いてパターンエッジを検出してもかまわない。

【0032】また、欠陥検査装置100で使用されるレーザ光18、19を、直線偏光子（図示せず）を用いて偏光させてもかまわない。かかる偏光子を用いた場合、パターンエッジの検出に必要な散乱光強度の変化を効率的に検出することが可能となる。また、位相子（図示せず）を用いてレーザ光18、19を楕円偏光又は円偏光させても構わない。これにより、パターンエッジの検出に必要な散乱光強度の変化を効率的に検出することが可能となる。

【0033】図6は、全体が200で示される、本実施の形態にかかる他の欠陥検査装置の概略図である。図中、図1と同一符号は、同一又は相当箇所を示す。欠陥検査装置200では、撮像カメラ6がカメラ保持用ステージ14の搭載されている。カメラ保持用ステージ14は、パターン端部位置検出部12からの信号により、ステージの位置が制御される。図1に示した欠陥検査装置100では、被検査ウエハ2が載置されたステージ1を移動させてパターンエッジと画素の端部との位置合わせを行った。これに対して、図6に示す欠陥検査装置200では、ステージ1とカメラ保持用ステージ14と一

8

方、又は双方を移動させて、位置合わせを行っている。

【0034】なお、欠陥検査装置100、200では、撮像カメラ6で撮影された被検査ウエハ2の画像は、256階調のグレイメージ像として撮影される。また、画像処理／画像比較部7での比較処理は8ビットのデータ処理で行われる。ここで、バックグラウンドノイズ（正常なパターンのパターンエッジ以外の箇所において発生するノイズ）の大きさは、一般に10程度である。従って、パターンエッジと画素の端部との位置合わせ後における、両者間の微小な位置ずれ（位置合わせ誤差）に起因するパターンエッジのノイズが、バックグラウンドノイズと同程度の10以下であれば、かかる誤差は擬似欠陥として認識されることはない。

【0035】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明にかかる欠陥検査装置を用いることにより、パターンエッジと画素端部との位置ずれを擬似欠陥として検出することを防止できる。

【0036】このため、撮像カメラの1画素の幅より狭い幅のパターンであっても、高精度の欠陥検査が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態にかかる欠陥検査装置の概略図である。

【図2】 パターンエッジの検出工程の一例である。

【図3】 検出されたパターンの一例である。

【図4】 パターンエッジとCCDの画素の端部とを一致させる工程の一例である。

【図5】 1のダイ内に繰り返し形成されたセルアレイである。

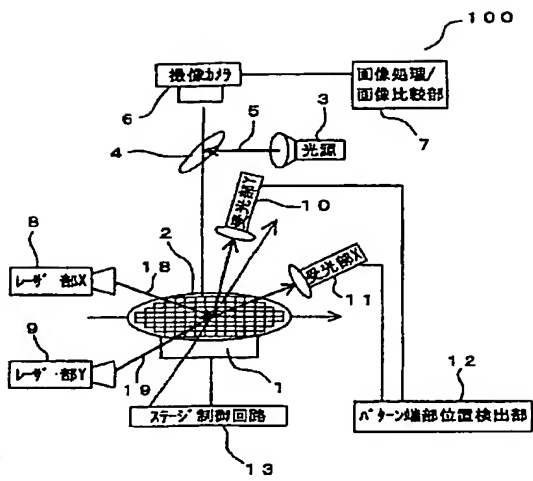
【図6】 本発明の実施の形態にかかる他の欠陥検査装置の概略図である。

【図7】 従来のパターンエッジの検出工程の一例である。

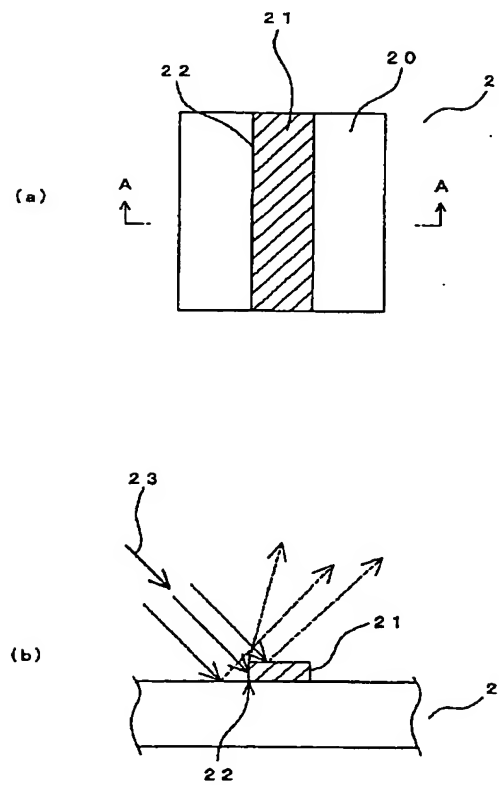
【符号の説明】

1 ステージ、2 被検査ウエハ、3 光源、4 ハーフミラー、5 光、6 撮像カメラ、7 画像処理／画像比較部、8 レーザ部X、9 レーザ部Y、10 受光部Y、11 受光部X、12 パターン端部位置検出部、13 ステージ制御回路、18、19 レーザ光、100 欠陥検査装置。

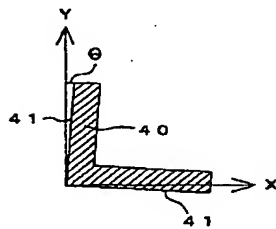
【図1】



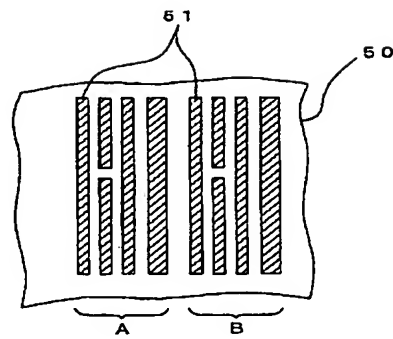
【図2】



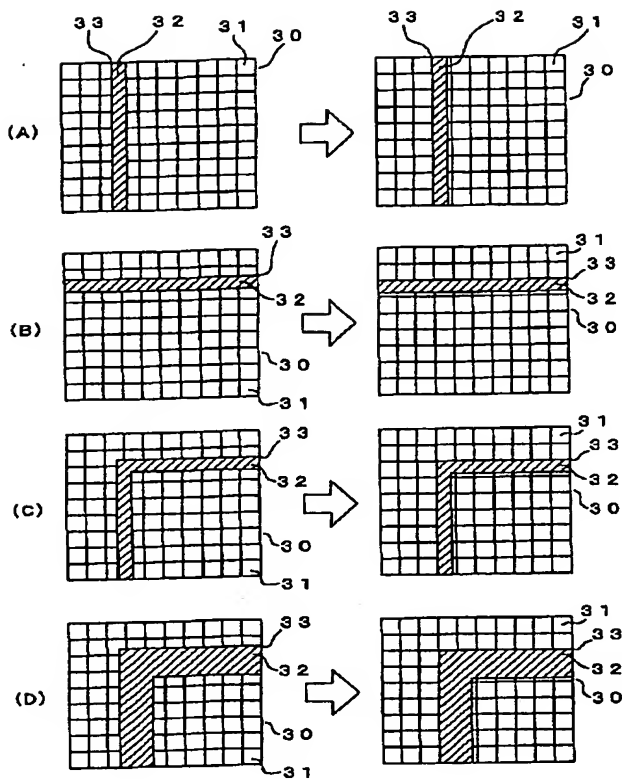
【図3】



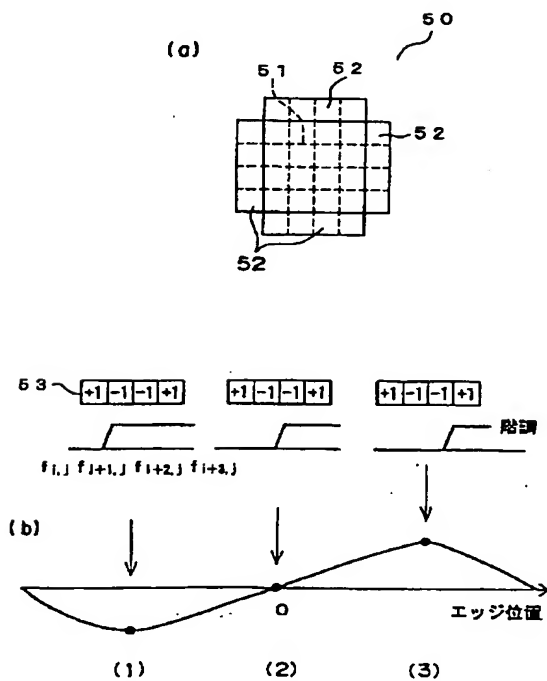
【図5】



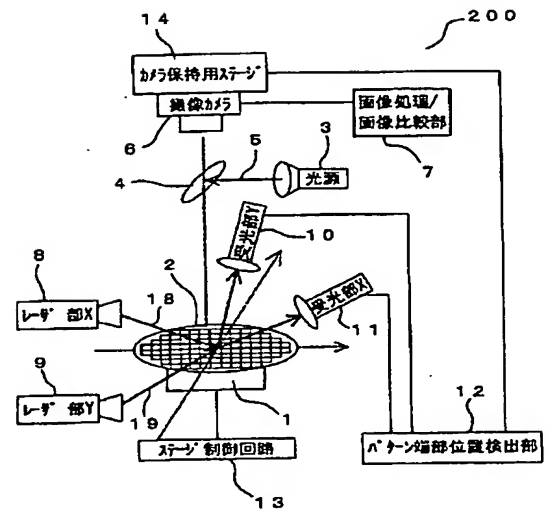
【図4】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 櫻井 光一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA14 AA49 CC19 DD03 FF04  
FF44 GG04 JJ05 JJ26 LL33  
PP12 QQ24 QQ39 RR08 TT02  
UU04 UU05  
2G051 AA51 AA56 AB02 BA01 BA10  
BA11 BB01 BB11 BB20 CA03  
CA07 CB01 CB05 CD07 DA08  
DA09 EA11 EA12 EB01  
4M106 AA01 BA05 CA39 DB04 DB08  
DB14 DB19 DB21 DJ07